

UTILIZACIÓN DE ESTIMADORES PARA DETERMINACIÓN DE BIOMASA A CAMPO

Mónaco, N.

M. J. Rosa

V. Santa

V. Autrán

A. Heguiabehere

Departamento de Ecología Agraria. Facultad de Agronomía y Veterinaria.
Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina.

Abstract

Direct or destructive methods determine the values of existing biomass area in the field exactly. However, usually some operating and evaluation of a natural resource can be a source of disturbance to the natural system. From the contribution of new technologies, they tried to replace these methods by other direct or indirect non-destructive, where the powers of observation and estimation of biomass researchers with values obtained by cutting biomass combined. Among these methods we can name: use the double sampling rates (BEI) and estimation of direct weight field (BEP). The aim of this study was to compare the use of such estimators with sampling point scale to assess the availability of dry matter in a community located at the beginning of the origin Chucul stream. Data collection was conducted over three years (2012-2013-2014). Bimonthly, ten samples, with quadrants of 0.25 m², spaced 30 m was cut and the biomass was weighed. 50 visual observations uncut assigning categories 1 to 5 and values estimated by the amount of forage available. Then, through linear regression, the relationship between the BEI and visually estimated BEP and cutted and weighed. The total aboveground biomass of pasture ranged from 153.52 and 386.78 g / m². The regression estimates for different sampling dates ranged between 0.47 and 0.92 to 0.02 and 0.96 BEI and for BEP. To perform the analysis of variance estimates obtained was observed that there are significant differences between the BEI and BEP results, indicating a greater degree of adjustment for BEI to BEP. Showing that both serve as estimates of primary production in the study site.

Keywords: Grassland, Double sampling, Visual estimation

Resumen

Los métodos directos o destructivos determinan los valores de biomasa área existentes en el campo con exactitud. Sin embargo, suelen ser poco operativos y en la evaluación de un recurso natural pueden resultar una fuente de disturbio al sistema natural. A partir del aporte de nuevas tecnologías, se trató de reemplazar estos métodos directos por otros indirectos o no destructivos, donde se combina la capacidad de observación y estimación de biomasa de los investigadores con valores de biomasa obtenidos por corte. Entre estos métodos podemos nombrar: el de doble muestreo utilizando índices (BEI) y estimación de peso directo a campo (BEP). El objetivo de este trabajo fue comparar el uso de dichos estimadores con muestreo a escala puntual para evaluar la disponibilidad de materia seca en una comunidad localizada al inicio de la cuenca del arroyo Chucul. La recolección de datos se realizó durante tres años (2012-2013-2014). Bimestralmente, en diez muestras, con cuadrantes de $0,25 \text{ m}^2$, separados entre sí a 30 m se cortó y se pesó la biomasa. En el área circundante al mismo, se realizaron 50 observaciones visuales sin cortar asignándole índices del 1 al 5 y valores de peso estimado según la cantidad de forraje disponible. Luego, a través de una regresión lineal, se ajustó la relación entre lo estimado visualmente y lo cortado y pesado. La biomasa aérea total del pastizal, osciló entre 153,52 y 386,78 gr/m^2 . Los estimadores de regresión para las distintas fechas de muestreo oscilaron entre 0,47 y 0,92 para BEI y 0,02 y 0,96 para BEP. Al realizar el análisis de varianza de las estimaciones obtenidas se observó que existen diferencias significativas entre los resultados de BEI y BEP, indicando un mayor grado de ajuste para BEI que para BEP. Demostrando que ambos sirven como estimadores de la producción primaria en el sitio de estudio.

Palabras-clave: Pastizal natural, Doble muestreo, Estimación visual

Introducción

La sustentabilidad del pastizal natural dentro de rangos aceptables de producción, calidad y diversidad, demanda de la disponibilidad de mayores conocimientos sobre los controles de la producción en cada ambiente. Conocer la biomasa disponible en un sistema de pastizales naturales, en un momento dado, utilizando métodos de muestreo con el mayor nivel de precisión, permite obtener datos sobre el rendimiento, la cantidad de forraje aprovechable y la dinámica de crecimiento de los pastos. Evaluar los cambios estacionales del pastizal: la calidad, la dinámica de la biomasa, la magnitud de la producción y las características del medio ambiente, son elementos útiles en la planificación del uso racional de los recursos que

aporta el sistema con el fin de optimizar su manejo (Pueyo *et al.*, 2005). Durante los últimos 50 años se han hecho grandes esfuerzos por estimar la biomasa y la productividad de pastizales naturales (Brown, 1954; Singh *et al.*, 1975; Redmann, 1992).

Los métodos para llevar a cabo el muestreo de forraje dependen principalmente de los objetivos que se persigan y las condiciones de medición, como lo son la disponibilidad de recursos humanos y materiales, la posibilidad de acceso a los lotes, las características de la vegetación, entre otros (Valencia Gutiérrez, 2013). Además depende de la precisión que se requiera y la escala de operación. Los métodos aplicados para el conocimiento de la biomasa y su dinámica se pueden agrupar en dos categorías: destructivos y no destructivos.

La metodología tradicional, cosecha directa, se encuentra dentro de los métodos destructivos de medida de la biomasa a través del corte, secado y pesado de material vegetal (Fernández, 2004). Son muy precisos a nivel local, a pesar de que pueden acumular ciertos errores (Sala *et al.*, 1988; Sala y Austin, 2000, Scarabotti *et al.*, 2002), pero representan un gran costo en términos de tiempo y recursos y presentan además la desventaja de tener limitaciones en la extrapolación de los resultados a grandes áreas. Los métodos no destructivos provocan poco o ningún daño en la vegetación, y es por ello que han cobrado importancia técnica. Dentro de dichos métodos se cuentan estimaciones visuales (“doble muestreo”), medida de altura, volúmenes de los pastos, fotografías, uso de imágenes satelitales (Medina *et al.*, 2009). Los métodos no destructivos aunque son menos precisos que los destructivos tienen la ventaja de requerir menos tiempo y esfuerzo. Su uso se justifica en áreas muy grandes y cuando no hay suficientes recursos para realizar un muestreo destructivo. Diversos autores han puesto énfasis en la importancia de encontrar buenos estimadores de la biomasa aérea a través de métodos indirectos o de doble muestreo (tMannetje, 1978, 2000; Hidalgo *et al.*, 1990; Sala y Austin, 2000). Éstos permiten estimar la biomasa mediante el uso de regresiones a partir de variables cuantitativas. En ecosistemas de pastizales naturales se han utilizado métodos similares para predecir la biomasa de especies de plantas particulares (Reese *et al.*, 1980; Andariese y Covington, 1986; Johnson *et al.*, 1988; Guevara *et al.*, 2002) y de comunidades de pastizales; teniendo en cuenta variables de medida como la altura de las plantas, su forma y el espacio ocupado por la biomasa (tMannetje, 1978, 2000; Millapán *et al.*, 2009). En función de lo expresado y con el propósito de encontrar estimadores de biomasa que se ajusten a la producción real de sistemas de pastizales naturales que bordean la cuenca del Arroyo Chucul, (Coronel Baigorria) se propuso un proyecto de trabajo utilizando el “doble muestreo” en dos aplicaciones diferentes: estimación de biomasa por observación directa y a través de índices.

Objetivos

- Comparar la biomasa medida por el método tradicional de corte y pesado, con la estimada a partir de la observación visual.
- Cotejar la biomasa medida por el método tradicional de corte y pesado, con la estimada a partir de índices.
- Evaluar el nivel de ajuste existente entre la biomasa estimada y biomasa real utilizando cada uno de los métodos propuestos.

Materiales y métodos

Descripción del área de estudio

El área está ubicada en la República Argentina, al SO de la provincia de Córdoba, a 5 kilómetros al este de la localidad de Coronel Baigorria, departamento Río Cuarto: 32°52'07.62"S y 64°21'44.62"O (Figura 1).

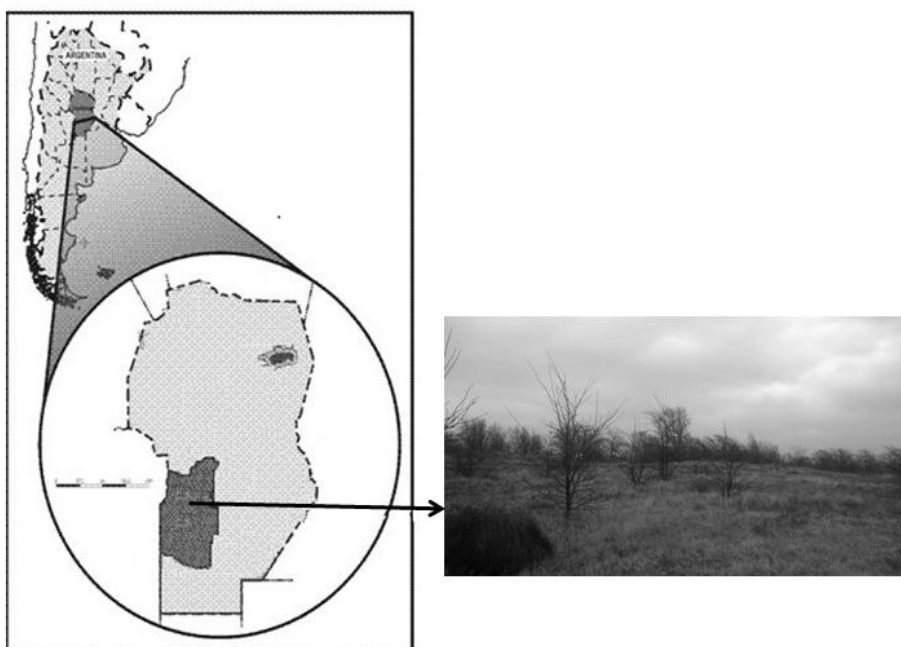


Figura 1: Mapa modificado de Agüero *et al*, 2007. Fotografía propia del área de estudio.

Caracterización edáfica

El área de estudio pertenece a la serie Alpa Corral, que corresponde a un Haplustol éntico, profundo, bien drenado, que se ha desarrollado a partir de materiales loésicos franco limoso y se vincula a relieves de loma ondulada. Presentando una capa arable Ap de 24cm de profundidad, con un contenido de materia orgánica moderadamente bajo, débilmente ácido y con agregados de moderada estabilidad. Horizonte Ac transicional, a los 56 cm se encuentra un horizonte C, encontrándose carbonatos libres en la masa del

suelo a partir de los 75cm. (Cantú y Degiovanni, 1984, Carta de suelos de la República Argentina, 1994).

Caracterización climatológica

Predominan en la región las condiciones moderadas y benignas de temperatura y humedad con una estación de crecimiento prolongada, apta para especies estivales e invernales (Pascale y Damario, 1988). No obstante estas condiciones medias, la región está expuesta a la incertidumbre producida por la variabilidad anual en la ocurrencia de heladas y por la presencia de sequías de diferente frecuencia y severidad. Las precipitaciones son de tipo monzónico, las lluvias están concentradas en un 50% en los meses de verano, el 30% en otoño, el 16% en la primavera y el resto durante el invierno, determinando una estación invernal seca, siendo el intervalo de tiempo entre noviembre y marzo las épocas de mayores lluvias, mientras que desde abril a septiembre se producen los menores registros. El clima es templado meso termal, con valores medios anuales de 16,4 °C, registrándose una clara estacionalidad, siendo enero el mes más cálido con una media mensual de 23,5 °C y junio el mes más frío con una temperatura media mensual de 8,8 °C. Desde fines de septiembre a mediados de abril se mantienen temperaturas del aire superiores a 15 °C que se corresponden con iguales niveles en el suelo a 10 cm de profundidad, de modo que ese período resulta apto para la germinación y desarrollo de la vegetación (Menghi *et al.*, 1998). En cuanto a valores medios mensuales, el recurso térmico es poco limitativo para el crecimiento vegetal por las heladas. Para la zona de estudio, el período libre de heladas es en promedio de 240 días.

Caracterización de la Vegetación

Según Cabrera, 1976; Luti *et al.*, 1979; León y Anderson, 1983; Bianco *et al.*, 1987 y Burkart *et al.*, 2000 el área del ensayo corresponde al “Dominio chaqueño de la provincia Fitogeográfica del Espinal” de la provincia de Córdoba. Originalmente la región estuvo cubierta por una estepa gramínea, al igual que el resto de la región fitogeográfica del Espinal (Cabrera *et al.*, 1976). Actualmente se halla muy transformada por la actividad agrícola, y la vegetación nativa se presenta como islas de extensión variable, asociada a suelos que por razones edáficas y topográficas no son aptos para uso agrícola. Las formaciones leñosas características han desaparecido casi por completo. En el estrato herbáceo predominan las gramíneas cespitosas, perennes, cuya distribución va a responder generalmente a los distintos tipos de suelos y la topografía. En los sitios más altos son frecuentes especies del género *Chloris*, *Stipa*, *Poa* y *Schizachysium*. En las depresiones intermedias, predominan las comunidades de *Cynodon sp*, *Poa spp*, *Muhlenbergia sp* y *Paspalum spp*. y

en las bajas, con napas freáticas más cercana a la superficie, encontramos *Cyperus spp.*, *Juncus sp.* en matas aisladas y además *Elymus sp.*, como resultado de actividad humana realizada hace más de 20 años, que por resiembra natural perdura en el tiempo.

Muestreo

La metodología usada para el siguiente trabajo se basó en el método de doble muestreo para evaluación de pastizales desarrollado por Haydock y Shawn (1975), utilizando la asociación de observaciones visuales con datos obtenidos por muestreo directo a campo para determinar estimadores de regresión.

Para aplicar esta metodología previamente al inicio del muestreo se recorrió el área completa a estudiar, definiendo condiciones dentro de la totalidad del sitio de muestreo. Se determinaron zonas con volúmenes máximos, mínimos e intermedios de forrajimasa. En cada fecha de muestreo, se fijaron 10 unidades muestrales o cuadrados de referencia o corte de 0,50 x 0,50 m (0,25 m²), teniendo en cuenta que el tamaño del marco reduzca al mínimo el efecto de bordura y permita una fácil conversión de los valores obtenidos a superficies de una hectárea (Fernández, 2004). Se definió la cantidad de cuadrados de observación de estimaciones visuales, 50 en total (Díaz, 2007; Fernández, 2004; Cangiano, 1996). En las áreas circundantes a cada uno de los 10 marcos leídos y cortados se realizaron al azar 5 observaciones visuales registrando: las estimaciones de la biomasa como peso en gramos y como índices del 1 a 5 según el volumen de forraje observado en los diferentes sitios.

Las observaciones visuales se realizaron siguiendo dos patrones:

a) indicando directamente una cifra aproximada de materia fresca en gr/0,25 m², usando como criterios cobertura vegetal, porcentaje de suelo desnudo, altura y volumen de forraje para asignar valores máximos y mínimos a las diferentes muestras en el área a relevar, a la que se denominó biomasa estimada por peso (BEP) (Gardner, 1967; Carrillo y Fernández, 1988).

b) utilizando categorías de índices del 1 al 5 donde 1 representa la mínima cantidad de biomasa que se espera encontrar y 5 la máxima, para las diferentes unidades muestrales a registrar a la que se denominó biomasa estimada por índice (BEI) (Díaz, 2007; Franco Quintero *et al.*, 2006).

Para definir los valores asignados de biomasa estimada y cada categoría de números de 1 al 5 de la escala, se estimó el valor de biomasa que ocupó el marco de muestreo utilizado. A los sitios de mayor volumen ejemplo 300 gr. se le asignó el N°5, luego se repitió la operación en lugares con los volúmenes más bajos como 70 gr. asignándole el N° 1. Se calculó el promedio ponderado para determinar los siguientes niveles de escala: 2, 3 y

4.

Se cuentan con los datos de tres años: 2012, 2013 y 2014. Cada 45 a 60 días, se realizaron 10 lecturas directas, en marcos arrojados al azar, cosechando y pesando en fresco el material de dichos marcos determinando así biomasa real (BR). Estas muestras, en laboratorio fueron colocadas a estufa a 60°C, hasta peso constante y posteriormente pesadas para determinar peso seco.

Con los valores obtenidos de BEP expresados en gr/m^2 y de BEI se determinaron los siguientes cálculos: media aritmética de los pesos secos de los marcos cortados (\bar{X}), media aritmética de los valores estimados por peso e índices asignados (\bar{Y}) y media aritmética de los estimados por peso e índices asignados correspondientes a las muestras cortadas y pesadas (\bar{Y}'). Se calculó el coeficiente de regresión (R^2) entre los marcos cortados y los estimados visualmente, con BEP y BEI.

Con estos datos se puede ajustar la media de las estimaciones visuales según la expresión de Gardner (1967):

$$X = \bar{X} + b(Y - \bar{Y})$$

Donde:

X: media aritmética de los pesos secos

b: coeficiente de regresión

Y: media aritmética total de estimaciones visuales

\bar{Y}' : media aritmética de las estimaciones visuales correspondientes a las muestras cortadas y pesadas.

Procesamiento de datos

Se realizó el análisis de la varianza y la comparación de medias de las diferentes formas de estimar biomasa mediante test de Tukey (Alfa=0,05) utilizando el paquete estadístico Infostat, 2010 (Di Rienzo *et al.*, 2010).

Resultados y discusión

Estimación de la biomasa aérea total

Las muestras seleccionadas corresponden a un pastizal donde la distribución es homogénea, correspondiendo el 54,8% a monocotiledóneas y el 45,2 % a dicotiledóneas. Las especies más representativas pertenecen a la familia de las gramíneas. En los sitios más altos se encuentran principalmente *Chloris retusa*, *Cynodon dactylon*, *Paspalum quadrifarium*, *Paspalum vaginatum*, *Paspalum notatum*, *Schizachyrium plumigerum*, *Stipa brachychaeta*, *Poa ligularis*, *Aristida sp.*; y las zonas bajas semi inundables están cubiertas por matorrales de *Elymus sp.* y *Muhlenbergia asperifolia*.

La biomasa aérea total del pastizal, durante el período estudiado se encontró comprendida en un intervalo entre 153,52 y 386,78 gr/m^2 ; valores equivalentes encontrados por Menghi *et al.*, 1998, en un área con

características de vegetación, edáficas y climáticas similares.

La estimación de biomasa total en pie, realizada por la aplicación de modelos simples de regresión lineal en función de BEP y BEI, según la metodología de doble muestreo planteada para el estudio que aquí se expone, alcanzó valores entre: BEP 155,36 gr/m² - 924,32 gr/m² y BEI 157,36 g/m² - 386,6 g/m². Los resultados de la regresión (R²) obtenidos por estimación visual de biomasa y por índice se presentan en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1: Valores de R²: Biomasa real vs. biomasa estimada visualmente.

Biomasa Real – Biomasa Estimada por peso (BEP)			
Mes del ensayo	año 2012	año 2013	año 2014
	R ²	R ²	R ²
enero	-	0,04	-
febrero	-	0,72	0,05
marzo	0,45	0,79	-
abril	-	0,33	-
mayo	-	-	0,88
junio	0,92	0,83	-
julio	0,02	-	0,77
agosto	0,02	0,91	-
septiembre	0,67	-	0,02
octubre	0,65	0,82	-
noviembre	0,96	-	-
diciembre	0,14	-	-

Tabla 2: Valores de R²: Biomasa real vs. estimada a partir de índices.

Biomasa Real – Biomasa estimada por Índice (BEI)			
Mes del ensayo	año 2012	año 2013	año 2014
	R ²	R ²	R ²
enero	-	0,68	-
febrero	-	0,78	0,73
marzo	0,65	0,61	-
abril	-	0,92	-
mayo	-	-	0,72
junio	0,47	0,82	-
julio	0,8	-	0,76
agosto	0,74	0,81	-
septiembre	0,76	-	0,78
octubre	0,79	0,84	-
noviembre	0,83	-	-
diciembre	0,54	-	-

Según se muestra en la Tabla 1, los estimadores de regresión para las distintas fechas de muestreo tomaron valores entre 0.02 y 0.96 para BEP y entre 0.47 y 0.92 para BEI (Tabla 2). Valores similares fueron publicados por Mónaco *et al.*, 2014. Según los datos observados en las Tablas 1 y 2, se muestra que los valores más homogéneos, con menor nivel de variación entre máximos y mínimos se encontraron para las estimaciones realizadas por índices.

En las Figuras 2, 3 y 4 se presenta en gráficos organizados anualmente, la variación de BR, BEP y la BEI para el período de estudio.

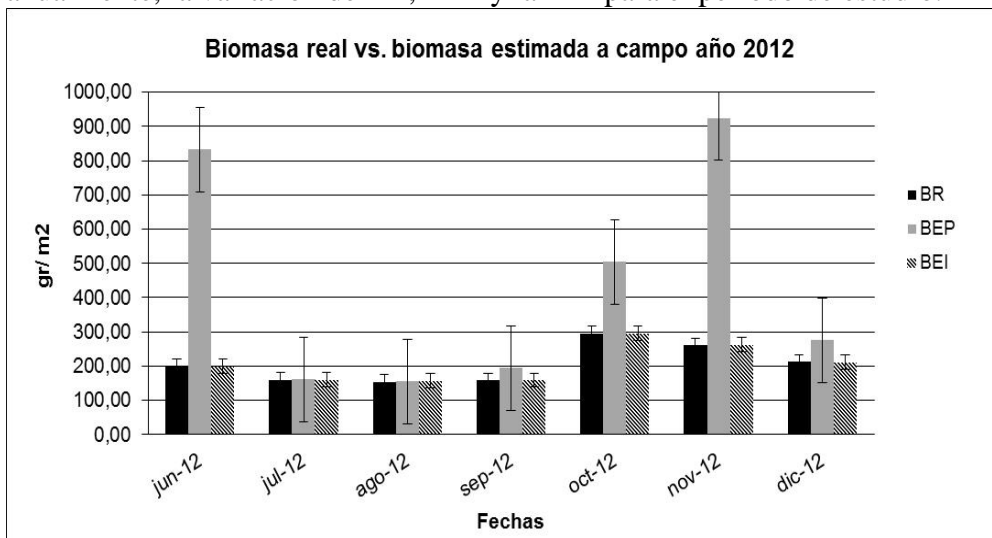


Figura 2: Variación de la biomasa real y la biomasa estimada (BEP y BEI) para el año 2012.

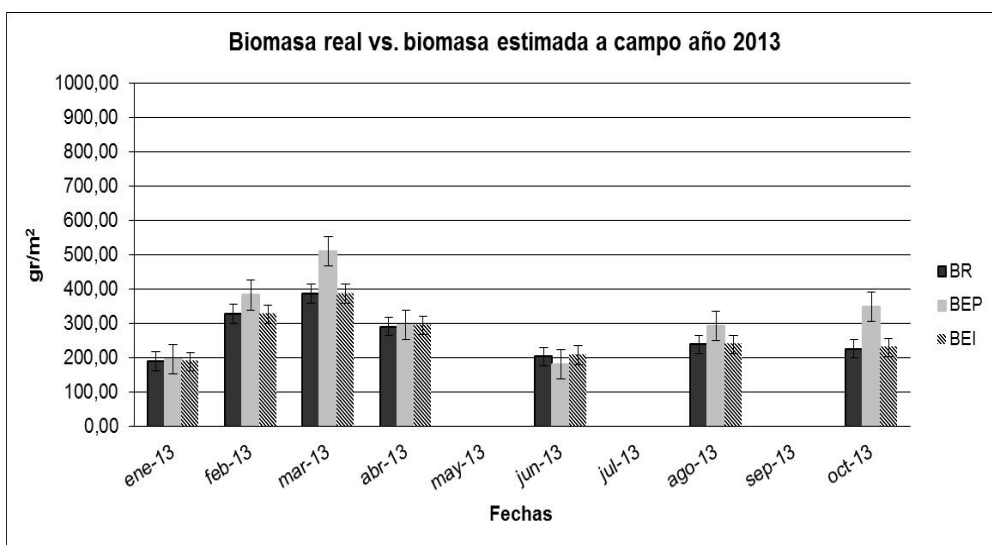


Figura 3: Variación de la biomasa real y la biomasa estimada (BEP y BEI) para el año 2013.

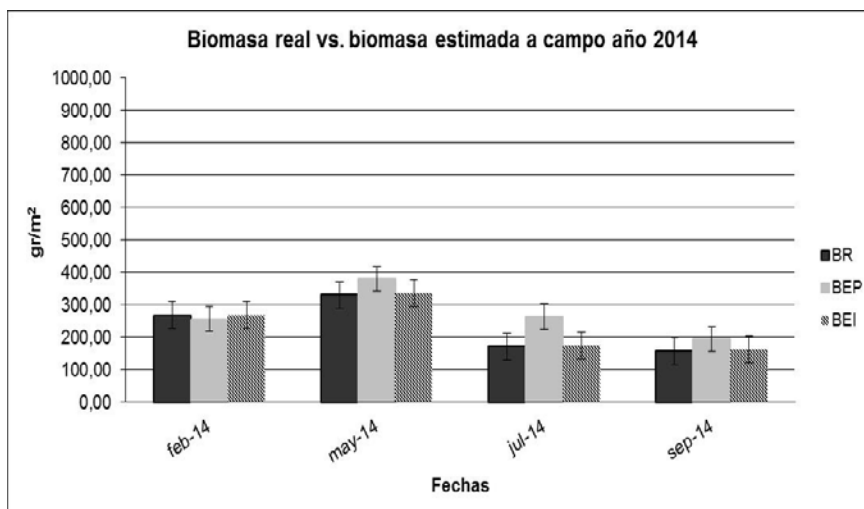


Figura 4: Variación de la biomasa real y la biomasa estimada (BEP y BEI) para el año 2014.

Como se observa en las Figuras 2, 3 y 4 la estimación con índices fue más ajustada a los valores reales medidos a campo a través del método tradicional, coincidiendo con otros autores como Hidalgo *et al.*, 1990; Pucheta *et al.*, 2004. En este caso en la mayoría de las muestras donde la estimación fue por peso la biomasa fue sobreestimada; particularmente en el primer año de estudio en los meses de junio, octubre y noviembre. Estas particularidades se deberían a que el equipo de trabajo en el primer año se encontraba en período de entrenamiento.

El éxito de este método se basa en el entrenamiento de los observadores, por lo tanto se deben comparar los resultados obtenidos entre ellos para calibrar su agudeza y formas de aplicación del método para definir los valores de R^2 que mejor se ajusten a la biomasa real.

Los resultados del análisis de la varianza del modelo de regresión de BEP - BR y BEI- BR se muestran en la Tabla 3 y la diferencia de medias se muestra en la Tabla 4 a través del test de Tukey.

Tabla 3: Análisis de varianza del modelo de regresión.

	SC	gl	CM	F	p
Modelo	11049.65	2	5524.82	4.73	0.0129
Biomasa	11049.65	2	5524.82	4.73	0.0129
Error	61874.90	53	1167.45		
Total	72924.55	55			

Tabla 4: test de Tukey

	Medias	n	
BR	57.9	19	a
BEI	58.24	19	a
BEP	88.14	18	b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

En la Tabla 3, se presenta el análisis de Varianza realizado al modelo de regresión, aplicado en la calibración de BR y BEI con BEP, demostrando que los resultados expuestos en las Figuras (2, 3 y 4) que muestran las mayores diferencias de los valores de estimación para BEP respecto de BEI comparados con la biomasa real obtenida a campo, presentan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre BR y BEI con BEP.

Ante estos resultados, y con el fin de confirmar la confiabilidad de utilizar los estimadores estudiados para predecir biomasa, se decidió construir regresiones lineales, con sus respectivas ecuaciones. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 5 y 6.

Figura 5: Regresión lineal simple entre BR y BEI.

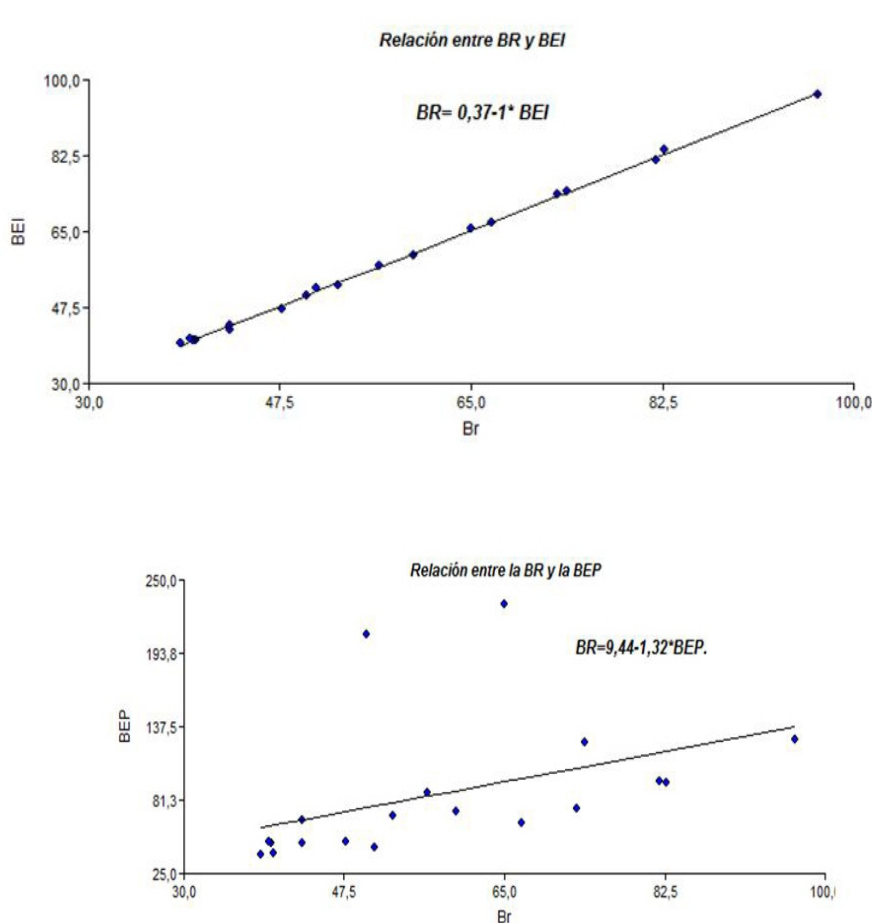


Figura 6: Regresión lineal simple entre BR y BEP.

Como se observa en las Figuras precedentes el ajuste entre BR y BEI fue mejor, coincidiendo con Hidalgo *et al.*, 1990, quienes encontraron buenos ajustes cuando trabajaron con estimaciones realizadas por índice.

Esta menor correlación cuando se trabaja con BEP podría explicarse porque la estimación visual de peso seco se realiza con valores absolutos, lo cual evidenciaría si hubo sobreestimación o subestimación de dichos valores, debido a esto podrían darse los menores valores de R^2 . Mientras que la estimación por índices se ajusta mejor ya que la misma lleva implícita un grado de error contemplado en el rango que incluye una escala de cinco valores donde se hallan pesos máximos y mínimos para cada observación. Esto coincide con lo encontrado por Pucheta *et al.*, 2004, quienes concluyen que los errores en la estimación por BEP se deben aparentemente a las características particulares que adquieren en su forma de crecimiento las gramíneas, en éste caso en particular *Elymus sp.*, *Stipas spp.* y *Muhlenbergia sp.*, respecto a las dicotiledóneas, que llevan a sobreestimar la biomasa.

Conclusión

El presente estudio propone una herramienta de fácil utilización que puede ser implementada con fines productivos o desde el punto de vista de la conservación de los recursos.

El análisis estadístico de los 2 modelos de regresión propuestos para predecir la biomasa aérea, muestra que el mayor nivel de ajuste con la biomasa real, lo presenta la estimación por índices, este modelo se considera válido para estimar la biomasa aérea dentro de un rango de valores entre 156.34 y 396.64 g/m² para el grupo de datos estudiado en un pastizal con predominio de *Paspalum spp.*, *Cynodon sp.*, *Stipa spp.* y *Muhlenbergia sp.*

Se deberían realizar nuevos ajustes que disminuyan los niveles de errores, en la estimación visual por peso para mejorar el valor de la regresión lineal (R^2).

References:

- Aguero, R. O.; Rivarola, A. y Maldonado, R. A. Caracterización del contratismo de servicios en un sector de la pampa cordobesa: las localidades de Alcira Gigena y Berrotarán: Presentación de resultados preliminares de investigación. Mundo agr. [online]. 2007, vol.7, n.14 [citado 2015-10-30], pp. 0-0. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1515-59942007000100003&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1515-5994.
- Andariese, S.W. and Covington, W.W. 1986. Biomass estimation for four common grass species in Northern Arizona Ponderosa pine. J.Range Manage. 39, pp. 472-473.

- Bianco C.; Kraus, T.; Anderson, D.L y Cantero, J.J. 1987. Formaciones vegetales del sureste de la Provincia de Córdoba (República Argentina) Rev. UNRC. Vol. 7, T 1, pp. 55-56.
- Brown, D. 1954. Methods of surveying and measuring vegetation. Commonwealth Bur. Pastures and Field Crops Bull. 42, Bradley & Sons Ltd., Reading, England.
- Burkart, R.; Bárbaro, N.O.; Sánchez R.O. y Gómez, D.A. 2000. Ecorregiones de la Argentina. Administración de Parques Nacionales. Presidencia de la Nación. Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable. PRO DIA. p. 42.
- Cabrera, A.L. 1976. Las Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura, jardinería y horticultura. Ed. ACME. Buenos Aires. Argentina. 2da. Edición. p. 85.
- Cangiano, C.A. 1996. Métodos de Medición de Fitomasa aérea. En Ed. Cangiano, C. A. Producción Animal en pastoreo. INTA. Estación Agropecuaria Balcarce, Área producción Animal. Balcarce. Bs. As. Argentina. pp. 117-128.
- Cantú, M.P. y Degiovanni, S.B. 1984. Geomorfología de la Región Centro Sur de la Provincia de Córdoba. Noveno Congreso Geológico Argentino, Actas, IV, pp. 76-92.
- Carrillo, J. y Fernández, H.. 1988. Disponibilidad forrajera: método de doble muestreo. INTA, EERA, Balcarce. IPE 50.
- Carta de suelos de la República Argentina, hoja 3366-18. Alpa corral. Serie Alpa Corral. 1994. Ed. PAPPEL. Córdoba. Argentina. INTA. Ministerio de Agricultura ganadería y recursos renovables.
- Díaz, R.O. 2007. Utilización de Pastizales Naturales Encuentro grupo editor. Editorial Brujas. Córdoba, Argentina.
- Di Rienzo J.A., Casanovas F., Balzarini M.G., González L., Tablada M., Robledo C.W. 2010. InfoStat, versión 2010, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Fernández, H.H. 2004 Estimación de la Disponibilidad de pasto. INTA. Estación Experimental Balcarce, Área de Producción Animal Balcarce, Bs. As. Argentina. p. 23.
- Franco Quintero, L. H., Calero Quintero. D., Durán C. V. 2006. Manejo y utilización de forrajes tropicales multipropósito. Ed. Paola A. Sanmiguel P. Palmira - Valle del Cauca – Colombia.
- Gardner, A. 1967. Estudio sobre los Métodos Agronómicos para la Evaluación de Pasturas. Centro de Investigación y Enseñanza para la Zona Templada del instituto Interamericano de las Ciencias Agrícolas de La O.E.A. Centro de Investigaciones Alberto Boerger del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Uruguay.- IICA- Zona Sur-Montevideo.
- Guevara, J.C.; Gonnet, J.M. y Estevez, O.R. 2002. Biomass estimation for

native perennial grasses in the plain of Mendoza, Argentina. *J. Arid Environ.* Vol. 50, pp. 613-619.

Haydock, K.P.; Shaw, N.H.. 1975. Comparative yield method forestimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. Vol.15, pp. 663-670.

Hidalgo, L.G.; Cauhepé, M.A.; Viviani, E. M.; Galatoire A. y Meijome Colabelli, M.. 1990. Evaluación de un método no destructivo para estimación de biomasa forrajera. *Turrialba* Vol. 40, T. 3, pp. 403-409.

Johnson, P. S.; Johnson, C. L. y West, N.E. 1988. Estimation of phytomass for ungrazed crested wheatgrass plant using allometric equations. *J. Range Manage.* Vol. 41, pp. 421-425.

León, R. J. C. y Anderson D. L. 1983. El límite occidental del pastizal pampeano. *Tuexenia Neue Serie Band* Vol. 3, pp. 67-83.

Luti R.; Beltrán de Solís, A.; Ferreyra, N.; Galera, M.; Berzal, N.; Nores, N.; Herrera, M. y Barrera, J. C. 1979. Vegetación de Córdoba. En: Vázquez, J., Miatello, R. y M. Roque. *Geografía Física de Córdoba*. Edi. Boldt. B. Aires. Argentina.

Medina G.; García, R.; Gutiérrez, L.; Echavarría Chaireza, F.G.; Amador Ramírez, M.D. y Ruiz Corralb, A. 2009. Estimación de la producción de forraje con imágenes de satélite en los pastizales de Zacatecas. Use of satellite images to assess forage production in the rangelands of Zacatecas. *Técnica Pecuária. México*. Vol. 47, T 2, pp.135-144.

Menghi M. 1998. Diversidad y producción primaria en un pastizal inundable no pastoreado en la estepa pampeana (Argentina Central). *Pastos*, Vol 28, T 1, pp. 51-67.

Millapán, L., Rossi, J.L., Kerekes, M., Acosta, G. y Ayala Torales, A. 2009. Estimación de fitomasa en pasturas templadas por observación visual y uso de pasturómetro. *Revista Argentina de Producción animal* Vol. 29, T.1, pp. 408-409.

Mónaco, N.; Rosa, M. J.; Santa, V.; Heguiabehere, A. e I. Barbero. 2014. Ajuste de método de doble muestreo para determinar biomasa en la naciente del arroyo Chucul (Córdoba, Argentina). *XXVI Reunión Argentina de Ecología RAE 2014*. p. 156.

Pascale, A.J. y Damario, E.A. 1988. Características Agroclimáticas de la Región Pampeana. *Revista Facultad de Agronomía*. Vol 9, T. 12, pp. 41-64.

Pueyo J. M., Iacopini, L.; Fonseca, J.; Burns, J.; Bonini, Y; Roberto Ludi y Grancell, R. 2005. Medición de la producción primaria del pastizal natural en el centro-norte de la provincia de Entre Ríos. Consultado 17/06/2015. En: Sitio Argentino de Producción Animal. www.produccion-animal.com.ar

Pucheta, E.; Ferrero E.; Heil, L. y Schneider, C. Modelos de regresión para la estimación de la biomasa aérea en un pastizal de montaña de Pampa de Achala (Córdoba, Argentina). *Agriscientia*, 2004, Vol. XXI, T. 1, pp. 23-30.

- Redmann, R. E. 1992. Primary Productivity. En: Coupland. RT (eds.) Natural Grasslands Introduction and Western Hemisphere. Elsevier. New York. pp. 75-93.
- Reese, G.A.; Bayn, R. y West, N. 1980. Evaluation of double-sampling estimators of subalpine herbage production. J. Range Manage. Vol. 33, pp. 300-306.
- Sala, O.E.; Biondini, M. y Lauenroth, M.. 1988. Bias in estimates of primary production: An analytical solution. Ecological Modelling Vol 44, pp. 43-55.
- Sala, O.E. y Austin, A. 2000. Methods of estimating aboveground net primary productivity. Pp. 31-43 en: Methods in Ecosystem Science. Springer. New York. Sala, O.E.; Jackson, R.B.; Mooney, H.A. & Howarth, R.H. (Eds.)
- Scarabotti, D.S.; Feldman, S.R. y Refp, R. 2002. Evaluación de distintos métodos para estimar la biomasa aérea en macollas de *Spartina Argentinensis*. Parodi. PASTOS, Vol. XXXII, T 1, pp. 69-79.
- Singh, J.S.; Lauenroth, W. y Steinhorst, R. 1975. Review and assessment of various techniques for estimating net aerial primary production in grassland from harvest data. Botanical Review Vol 41, pp. 181-232.
- Valencia Gutiérrez, E. 2013. Manual de Manejo de Parcelas en Pastoreo. Consultado el: 19/09/2015. http://avalon.cuautitlan2.unam.mx/vaquillas/manuales/manual_pastoreo.pdf.
- t'Mannetje. 1978. Measuring of vegetation and Animal Production of Grasslands Bull. 52 Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops, England.
- t'Mannetje. 2000. Measuring biomass of grassland vegetation in Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production, Edited by, L. t'Mannetje and R.M. Jones. cap. 7.